

DIANLI SHEBEI YONG SF₆ QITI
JISHU WENDA

电力设备用SF₆气体 技术问答

张利燕 主编

杜黎明 张若飞 杨彦肖 张闯 参编

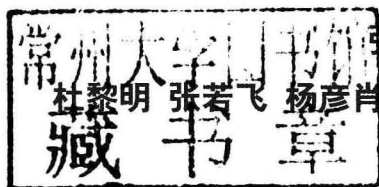


中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

DIANLI SHEBEI YONG SF₆ QITI
JISHU WENDA

电力设备用SF₆气体

技术问答



张利燕 主编

张闯 参编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以问答的形式,简明扼要地阐述了 SF₆ 气体基本知识、电气设备中 SF₆ 气体的监督和管理、SF₆ 气体实验室分析技术、SF₆ 气体绝缘电气设备现场检测技术、SF₆ 电气设备故障诊断技术、SF₆ 气体的回收处理再利用技术、SF₆ 电气设备故障分析实例及新技术等。

本书图文并茂,文字通俗易懂,实用性强,是一本化学及电气相关专业的技术实用图书。本书既可作为广大电力系统 SF₆ 气体分析工作人员、电气运行检修人员和技术人员日常工作及自学的岗位培训教材,又可作为相关专业大中专职业院校的专业参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电力设备用 SF₆ 气体技术问答/张利燕主编. —北京:中国电力出版社, 2011. 10

ISBN 978-7-5123-2088-8

I. ①电… II. ①张… III. ①六氟化硫气体-应用-电力设备-问题解答 IV. ①TM213-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 214023 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 3 月第一版 2012 年 3 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 7.625 印张 177 千字

印数 0001—3000 册 定价 26.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

六氟化硫(SF₆)气体不仅具有不燃烧的特性,而且具有优异的绝缘和灭弧性能,已逐渐被人们作为新型介质应用于高压电器中。1955年,美国西屋电气公司制造了世界上第一台SF₆断路器。进入20世纪60年代,SF₆电气设备的优越性已为世人所公认,各发达国家竞相研制开发该类设备,并广泛应用。我国从20世纪60年代开始研制SF₆绝缘电气设备,60年代研制出SF₆断路器并投入运行,1971年我国首次试制110kV GIS设备并投入运行。目前在我国,63~500、750、800kV及1000kV电压等级的SF₆断路器和SF₆全封闭组合电器(GIS)的应用已经相当普遍,SF₆变压器也得到了一定程度的应用。

随着电力工业的迅速发展和技术进步,大容量、高电压的充SF₆气体的电气设备逐渐增多,电力用SF₆电气设备及SF₆气体的技术监督,已经成为发供电单位的一项重要技术监督工作,对保障电力生产安全经济运行起到了重要作用。SF₆气体的监督分析是电力系统充SF₆电气设备如变压器、断路器、GIS等维护及监督的重要手段,可以在电气设备不停电状态下,通过对电气设备中SF₆气体的监督检测分析,判断设备的运行状况,及时发现电气设备存在的不安全隐患或潜伏性故障,实现状态检修,保证设备安全稳定运行。

本书作者在河北省电力研究院从事SF₆监督检测试验及现场电气设备SF₆气体监督检测多年,积累了许多实测数据和经

验。本书作者总结了长期实验室研究及丰富的工程实践经验，从 SF₆ 气体基本知识、气体监督和管理、气体分析实际操作、回收处理、设备仪器的性能使用、现场试验、故障诊断、新技术介绍等方面编制了《电力设备用 SF₆ 气体技术问答》一书。本书内容既涉及实验室分析技术，又包括电气设备现场试验等，内容广泛，对实际工作具有参考和指导意义。

本书第 1 章由张闯执笔；第 2 章、第 6 章第 2 节由杜黎明执笔；第 3 章由杨彦肖执笔；第 4 章，第 5 章，第 6 章第 1、3 节由张利燕执笔，第 7 章由张若飞执笔，全书由张利燕统稿校核，郭若协助校对。在本书的编写过程中，曾得到了河北省电力研究院相关领导的大力支持，同时得到了河北省电力研究院相关同志的帮助，在此一并表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参阅了大量的国内外文献资料，还参阅了大量的会议和科研成果，在此向这些资料的作者表示真诚的感谢。

限于编者水平，不妥及疏漏之处在所难免，欢迎广大读者提出宝贵意见。

编 者

2011 年 9 月

主要符号说明

- B ——第三级吸收液耗用硫酸标准溶液的体积, mL
 c ——硫酸溶液的摩尔浓度, mol/L
 c_{F^-} ——氟离子活度, mol/L
 E ——电池的电动势, V
 E_0 ——标准电极电位, V
 F ——法拉第常数, 96 485C/mol
 F ——单位时间漏气量, MPa·m³/s
 F_0 ——单位时间漏气量, g/s
 F_Y ——年漏气率, %
 F_s ——仪器满量程值
 G ——设备内充 SF₆ 气质量, g
 m ——无水碳酸钠的质量, g
 m_1 ——抽真空的球形容气瓶质量, g
 m_2 ——充满 SF₆ 气体的球形容气瓶质量, g
 p_t ——测试系统的压力, Pa
 p_w ——测试露点下水蒸气的分压力, Pa
 p_s ——测试系统温度下的饱和水蒸气压力, Pa
 p_0 、 T_0 、 V_0 ——标准状况下气体压力 (101.325kPa)、温度 (273.15K)、体积 (22.4L/mol)
 p 、 T ——气体压力 (MPa)、温度 (K)
 p_r ——SF₆ 设备内充装压力 (表压), MPa
 p ——检测时的环境大气压力, MPa
 Q ——气体的流量, L
 R ——气体常数, 8.314 J/(mol·K)

S ——测量仪器示值

t ——温度, $^{\circ}\text{C}$

T ——热力学温度, K

T_d —— SF_6 气体的露点温度

U_r ——相对扩展不确定度

V_1 ——滴定碳酸钠消耗硫酸溶液体积, mL

V_2 ——空白试验消耗硫酸溶液体积, mL

V_C —— 20°C 、 $101\,325\text{Pa}$ 时的 SF_6 的校正体积, L

W_w —— SF_6 气体湿度质量分数, g/g

X ——第一级吸收液耗用硫酸标准溶液的体积, mL

Y ——第二级吸收液耗用硫酸标准溶液的体积, mL

Z ——第四级吸收液耗用硫酸标准溶液的体积, mL

φ —— SF_6 气体湿度的体积分数, $\mu\text{L/L}$

ρ —— SF_6 气体密度, g/L

C' ——氢氧化钠标准溶液的浓度, mol/L

S_0 ——标准值

V_f ——被检测对象体积, m^3

V_m ——封闭罩封闭室的体积, m^3

ρ_0 ——第一次检查时设备压力换算出气体密度, g/L

ρ_t ——第二次检查时设备压力换算出气体密度, g/L

前言

主要符号说明

第 1 章 SF₆ 气体基本知识 1

第 1 节 SF₆ 气体基本特性 1

1. SF₆ 气体有哪些基本物理性质? 1
2. SF₆ 气体的温度、压力、密度三者之间的关系如何? 2
3. SF₆ 气体的传热性能如何? 3
4. SF₆ 用于电气设备有哪些主要电气性能? 4
5. SF₆ 气体有无毒? 工作场所有什么要求? 5
6. SF₆ 气体的临界温度和临界压力是什么含义? 5
7. 如何看待 SF₆ 气体的毒性问题? 6
8. 电气设备中 SF₆ 气体湿度大有什么危害? 6
9. 如何比较准确地测量 SF₆ 气体湿度? 7
10. 电弧高温作用对断路器内部将产生什么影响? 7
11. SF₆ 气体湿度体积分数和质量分数如何换算? 8

第 2 节 SF₆ 气体绝缘特性 9

1. SF₆ 气体用做电气设备绝缘介质有什么特点? 9
2. SF₆ 气体具有优良的绝缘特性的主要原因是什么? 10
3. 选用气体作为绝缘和灭弧介质与选用液体和固体相比,
有哪些优点? 10
4. SF₆ 气体的绝缘性能如何? 影响其绝缘强度的因素

有哪些?	11
5. 游离和复合是一种什么现象? 什么是气体击穿?	11
6. 为什么 SF_6 气体绝缘只适用于均匀电场或稍不均匀 电场, 不适于极不均匀电场?	12
7. 电晕放电是如何发生的? 有什么特点?	13
8. 为什么说 SF_6 气体是一种高绝缘强度的气体介质?	14
9. 在气体放电中, SF_6 气体的负离子为什么起着阻碍 放电形成的作用?	14
10. 为什么说 SF_6 气体的离子在电场中的运动速度 比氧和氮的小很多, 从而使间隙中的原子更容易 发生复合, 使带电的质点减少?	14
第 3 节 各种因素对 SF_6 气体击穿的影响	15
1. 什么叫气体介质击穿?	15
2. 影响 SF_6 气体击穿电压的主要因素有哪些?	15
3. 电场均匀性对 SF_6 气体击穿电压有什么影响?	15
4. SF_6 气体间隙对击穿电压有什么影响?	15
5. 为什么提高 SF_6 气体的压力可以提高其击穿电压?	17
6. SF_6 电极表面状态对 SF_6 气体击穿电压的影响有哪些?	18
7. 电极材料对 SF_6 击穿电压的影响是什么?	19
8. 在电气设备中, SF_6 气体绝缘与空气绝缘有何不同?	19
9. 什么叫 SF_6 气体沿面放电? 什么叫沿面闪络? 影响 闪络电压的主要因素有哪些?	20
10. 在 SF_6 电气设备中, 固体绝缘和引线绝缘电场分布 对沿面放电的影响是什么? 有何应对措施?	20
11. 在 SF_6 电气设备中, 固体绝缘表面状况对沿面 放电的影响是什么? 有何应对措施?	21
12. 什么叫电极的自屏蔽效应? SF_6 气体与空气的 自屏蔽效应对击穿电压有何影响?	22
第 4 节 SF_6 气体灭弧性能	22

1. 为什么 SF ₆ 气体具有优良的灭弧特性?	22
2. SF ₆ 气体是怎样分解和电离的?	23
3. 电弧是怎样产生的?	23
4. SF ₆ 气体导电的伏安特性和电阻温度特性是什么?	24
5. SF ₆ 气体热特性和电特性在熄弧过程中的作用是什么?	24
6. SF ₆ 气体的负电性在熄弧过程中的作用是什么?	25
7. SF ₆ 气体的电弧时间常数特点有哪些?	25
8. SF ₆ 气体电弧分解作用下的分解过程如何?	26
9. 影响 SF ₆ 气体电弧分解过程中的主要因素有哪些?	26
10. 断路器灭弧的基本过程是怎样的?	27
11. SF ₆ 断路器的灭弧原理是什么?	27

第 2 章 电气设备中 SF₆ 气体的监督和管理 29

第 1 节 SF₆ 新气的质量监督和管理 29

1. 国家标准中对 SF ₆ 新气的质量是怎样规定的?	29
2. 国际电工委员会 (IEC) 对 SF ₆ 新气的质量标准 及推荐检测方法是怎样规定的?	30
3. 国际电工委员会 IEC 60376—2005《电力设备 用工业级六氟化硫 (SF ₆) 的规范》对 SF ₆ 新气的质量指标要求与修订前相比有了哪些变化?	31
4. 其他国家对 SF ₆ 新气的质量是怎样规定的?	31
5. 关于 SF ₆ 电气设备补气 and 气体混合使用有什么要求?	31
6. SF ₆ 新气中的杂质来源有哪些?	33
7. 为什么必须对 SF ₆ 新气进行验收? SF ₆ 气体到 货后用户应检查哪些内容?	33
8. SF ₆ 新气质量抽样检测项目有哪些? 为什么要进行 这些项目的检测?	34
9. SF ₆ 新气的质量抽检率是如何规定的? 在充入设备 前除按标准进行质量检测外, 还需做哪些检测?	35
10. SF ₆ 新气的运输、储存是怎样规定的?	36

11. 国内标准推荐 SF ₆ 新气的质量检测项目和方法有哪些?	36
12. 电气设备交接时, SF ₆ 气体湿度试验是 如何规定的?	37
13. 电气设备对接时, SF ₆ 气体密封试验是如何规定的?	38
14. SF ₆ 质量监督的常用标准有哪些?	39
第 2 节 SF₆ 运行气体的质量监督和管理	42
1. 我国对运行断路器、组合电器 (GIS) 中充装的 SF ₆ 质量是怎样规定的?	42
2. 运行变压器中 SF ₆ 的质量标准是怎样规定的?	43
3. SF ₆ 变压器交接时、大修后的 SF ₆ 质量指标 是怎样规定的?	44
4. 运行变压器中 SF ₆ 气体的检测项目和周期 是怎样规定的?	44
5. SF ₆ 高压电气设备在检修时如何进行质量控制?	45
6. 如何对运行 SF ₆ 高压电气设备进行巡视检查 and 操作?	46
7. 我国标准对运行电气设备 SF ₆ 气体湿度测量的 检测周期是如何规定的?	47
8. SF ₆ 气体采样容器的要求是怎样的?	48
9. SF ₆ 气体采样前应做什么准备工作?	48
10. SF ₆ 气体取样装置是由哪几部分组成的?	48
11. 利用冲洗法在电气设备上取 SF ₆ 样品的步骤是怎样的?	48
12. 利用抽真空法在电气设备上取 SF ₆ 样品的步骤 是怎样的?	50
第 3 节 电气设备运行和解体时 SF₆ 气体的监督、 安全防护管理	51
1. IEC 60480—2004 《从电气设备中取出六氟化硫 (SF ₆) 的检验和处理指南及其再使用规范》中推荐的从电气 设备中取出的 SF ₆ 气体质量的检测方法是什么?	51
2. IEC 60480—2004 《从电气设备中取出六氟化硫 (SF ₆)	

的检验和处理指南及其再使用规范》中对再利用 SF₆

气体中的杂质水平是怎样要求的? 52

3. 如何安全使用 SF₆ 电气设备? 52

4. SF₆ 电气设备运行时的安全防护措施有哪些? 54

5. 接触 SF₆ 气体的工作人员应注意哪些事项? 54

6. 为什么电气设备检修或解体后的 SF₆ 气体不能
直接排放到大气中? 55

7. 电弧能量对 SF₆ 气体分解过程的影响是怎样的? 55

8. 怎样做好设备解体时人员安全防护管理? 56

9. SF₆ 电气设备检修中使用的安全防护用品应如何
进行管理? 56

10. SF₆ 气体钢瓶的技术要求有哪些? 56

11. 充装 SF₆ 的钢瓶上的钢印标记分别代表什么意思? 57

12. 什么是气体的充装系数, 国家标准对 SF₆ 气体的
充装系数有何规定? 58

13. 将 SF₆ 气体充装到电气设备中应注意什么问题? 58

第 3 章 SF₆ 气体实验室分析技术 60

第 1 节 SF₆ 气体酸度测定法 60

1. 测量 SF₆ 新气时为什么需要将气瓶倾斜倒置? 60

2. 如何测定 SF₆ 气体酸度? 60

3. DL/T 916—2005 中测量 SF₆ 酸度时, 第二只
吸收瓶的耗酸量大于第一只吸收瓶的耗酸量的 10%,
则认为吸收不完全, 需重新吸收, 有什么道理? 61

4. SF₆ 气体酸度测定中所用的 $\frac{1}{2}$ H₂SO₄ 溶液的浓度为
0.01mol/L, 是什么意思? 62

5. 在 SF₆ 新气酸度测定中酸碱标准溶液的浓度
准确性及滴定的体积对实验结果有何影响? 62

6. 测定 SF₆ 气体酸度用的去离子水有什么要求? 63

7. 指示剂的选择使用对 SF_6 气体酸度实验有什么影响?	63
8. 提高 SF_6 气体酸度测量的准确性应注意哪几个重要环节?	64
9. 如何对硫酸标准溶液和氢氧化钠标准溶液进行标定?	65
10. 使用强酸或强碱时有什么注意事项?	66
第 2 节 SF_6 气体中空气、四氟化碳、纯度的气相色谱测定	66
1. SF_6 气体中空气、四氟化碳、纯度的测定方法是什么?	66
2. 什么是色谱法? 色谱分离的基本原理是什么?	67
3. 色谱的分类方法有哪些? 什么是气相色谱法?	67
4. 气相色谱有什么特点?	68
5. 什么是热导检测器?	68
6. 热导池的结构和工作原理是什么?	69
7. 影响热导检测器灵敏度的因素有哪些?	70
8. 气相色谱法在 SF_6 气体分析中有哪些应用?	71
9. 测定 SF_6 的纯度对色谱仪有哪些要求?	71
10. 色谱法测定 SF_6 气体常用气路流程有哪几种?	71
11. 在气相色谱中, 保留时间是怎样定义的?	73
12. 在气相色谱中, 归一化定量分析法是怎样定义的?	74
13. 在气相色谱中, 校正因子是怎样定义的?	74
14. SF_6 气体中各组分的质量校正系数是怎样测定的?	75
15. 怎样计算 SF_6 气体中各组分的校正面积?	76
第 3 节 SF_6 气体中可水解氟化物含量测定法	76
1. SF_6 气体中可水解氟化物含量的测定方法和原理是什么? ..	76
2. 氟离子浓度的测定方法都有哪些? 各有什么特点?	76
3. 氟离子选择电极法的测定原理是什么?	77
4. 在用氟离子选择电极法测定氟离子浓度时, 为什么要调节溶液的 pH 值为 5.0~5.5?	78
5. 在氟离子选择电极法中, 加入总离子调节液 (缓冲溶液)	

的作用是什么?	78
6. 饱和甘汞电极对电位值有什么影响?	79
7. 空白电位值对氟离子选择电极法的测定有什么影响? 怎样洗涤氟电极?	80
8. 影响氟离子选择电极法测试结果的因素主要有哪些?	80
9. 氟离子选择电极怎样进行维护和保管?	82
10. 参比电极的使用维护有什么要求?	82
第 4 节 SF₆ 气体中矿物油含量测定法	82
1. SF ₆ 气体中矿物油含量测定法的原理是什么?	82
2. 什么是红外光谱?	83
3. 为什么要采用红外光谱分析法测定 SF ₆ 气体中的矿物油? ...	83
4. 矿物油测定中为什么要用新蒸馏过的 CCl ₄ ?	84
5. CCl ₄ 使用注意事项有哪些?	84
6. 矿物油测定结果的影响因素有哪些?	85
第 5 节 SF₆ 气体毒性生物试验	86
1. SF ₆ 气体毒性生物试验方法是什么?	86
2. SF ₆ 气体毒性生物试验染毒缸容积应怎样测定?	86
3. SF ₆ 气体毒性生物试验中, 通入混合器的各气体 流量应怎样计算?	86
4. SF ₆ 气体毒性生物试验装置是如何连接的?	87
5. SF ₆ 气体毒性生物试验装置中, 伸入混合器中的导管 长度能否互换? 为什么?	87
6. 怎样判断 SF ₆ 气体的毒性问题?	87
7. SF ₆ 气体毒性生物试验的注意事项有哪些?	87
第 6 节 SF₆ 气体密度测定	88
1. 重量法测定 SF ₆ 气体的密度有什么优点?	88
2. SF ₆ 气体密度测定的原理和方法是什么?	88
3. 怎样计算 SF ₆ 气体的校正体积?	88
4. 怎样准确测量容气瓶的体积?	89

5. 对容气瓶抽真空应注意哪些事项?	89
6. 灌充 SF ₆ 气体时的注意事项有哪些?	89
7. 影响试验精密度的因素有哪些?	90
8. 测定 SF ₆ 气体密度时应有哪些安全注意事项?	90
第 4 章 SF₆ 气体绝缘电气设备现场检测技术	91
第 1 节 电气设备中 SF₆ 气体湿度测量	91
1. SF ₆ 电气设备中水汽的来源有哪些?	91
2. SF ₆ 气体中的水汽对电气设备有什么危害?	92
3. 如何控制 SF ₆ 电气设备中的水分?	92
4. 温度变化时, SF ₆ 电气设备内部固体绝缘材料对 湿度的影响是什么?	93
5. 温度变化时, SF ₆ 电气设备内吸附剂对湿度的影响 是什么?	93
6. 从气体分子运动的角度分析温度变化对湿度的影响 是什么?	93
7. 温度变化时, 设备密封性能对湿度的影响是什么?	93
8. SF ₆ 断路器内湿度大小对设备的影响是什么?	94
第 2 节 SF₆ 气体湿度检测常用方法及仪器	94
1. 目前电力系统常用的 SF ₆ 气体湿度检测方法 & 检测 仪器有哪些?	94
2. 重量法测量湿度的原理及特点是什么?	94
3. 电解法湿度计测量原理及特点是什么?	95
4. 阻容法湿度计测量原理及特点是什么?	96
5. 露点分析仪测量原理及特点是什么?	96
6. 检测电气设备中 SF ₆ 气体湿度的测量仪器有什么要求?	96
7. 常用的三种测量湿度仪器性能比较如何?	97
8. 现场检测 SF ₆ 电气设备湿度的注意事项有哪些?	97
9. 气体流速对重量法测量湿度的影响是什么?	98
10. 气体流速对电解法测量湿度的影响是什么?	98

11. 电解法湿度计本底电流是怎么回事？为什么长期放置 的电解法湿度计在使用前必须用干燥气体吹扫电解池？	98
12. DMT242P 的测量原理及特点是什么？阻容式 湿度计在使用中应注意哪些问题？	99
13. 气体流速对阻容法测量湿度的影响是什么？	100
14. 气体流速对露点法测量湿度的影响是什么？	100
15. 露点和霜点有什么区别？	100
16. 当环境温度较低且 SF ₆ 气体湿度较低时，用露点 仪测量示值不稳定的原因是什么？应如何解决用露点 仪测量低温低湿 SF ₆ 气体湿度的问题？	100
17. 进行电气设备 SF ₆ 气体湿度测量对测量管路 要求是什么？测量管路水汽及粉尘污染对检测结果的 影响是什么？	101
18. SF ₆ 电气设备湿度常压下测量和带压下测量是 如何进行的？	102
19. 常压和带压情况下对电气设备 SF ₆ 气体湿度进行 测量，用露点表示结果有什么不同？	102
20. 常压和带压情况下对电气设备 SF ₆ 气体湿度进行 测量，用体积浓度表示结果有什么不同？	103
21. 为什么国家标准规定 SF ₆ 电气设备中的气体湿度 标准为 20℃ 时的数值？如何将电气设备内气体湿度 测量结果折算到 20℃ 时的数值？	104
22. 如何将湿度测量结果的露点浓度换算成体积浓度？	105
23. 为什么 SF ₆ 湿度计必须进行定期校验？	105
24. 目前电力系统常用的标准湿度发生器有哪些？	106
25. 如何进行湿度计的校验？	107
第 3 节 SF ₆ 电气设备气体泄漏检测技术	108
1. 为什么 SF ₆ 气体泄漏检测对设备安全及其重要？	108
2. 为什么要对 SF ₆ 电气设备进行检漏？	108

3. 检测电气设备中 SF ₆ 气体泄漏的测量仪器有什么要求?	109
4. 造成 SF ₆ 电气设备气体泄漏的可能原因有哪些?	109
5. 常用 SF ₆ 电气设备检漏方法有哪些?	109
6. 什么是 SF ₆ 电气设备扣罩检漏法?	110
7. 什么是 SF ₆ 电气设备挂瓶检漏法?	111
8. 什么是 SF ₆ 电气设备局部包扎检漏法?	112
9. 什么是 SF ₆ 电气设备压力降检漏法?	113
10. SF ₆ 气体泄漏检测方法的适用性如何?	113
11. 发现断路器 SF ₆ 气体明显泄漏时, 应如何处理?	114
12. 引起 SF ₆ 电气设备定量检漏误差的主要原因是什么?	114
13. 进行 SF ₆ 电气设备检漏操作时应注意什么?	115
14. 对 SF ₆ 电气设备安装室的通风换气、氧气及 SF ₆ 含量检测有哪些规定?	115
15. 压力表与密度表监测 SF ₆ 电气设备有什么不同?	116
16. 为什么 SF ₆ 电气设备采用密度表监测气体泄漏?	116
17. SF ₆ 气体密度表是如何工作的?	116
18. SF ₆ 气体密度表是如何进行温度补偿的?	117
19. SF ₆ 气体密度表使用中的注意事项有哪些?	117
20. SF ₆ 气体密度表是否需要校验? 校验哪些项目?	118
21. SF ₆ 断路器上带电触点密度表的报警、闭锁信号 是如何设定的?	118
22. 在 SF ₆ 断路器上使用的压力表、密度表、密度 继电器的区别及作用是什么?	118
第 4 节 SF₆ 气体泄漏检测的常用方法及仪器	119
1. 电气设备 SF ₆ 气体泄漏常用检测原理有哪几种?	119
2. 紫外电离检测的工作原理是什么?	119
3. 紫外电离检测仪器的组成及特点是什么?	119
4. 电子捕获 (ECD) 检测的工作原理是什么?	120
5. 电子捕获检测仪器的组成及特点是什么?	120